

## 第 5 号様式

## 論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 工 学 ）	氏名	余 天
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1・2 項該当		
論 文 題 目 Collective behavior generation and analysis for an evolutionary swarm robotics system (進化的スワームロボティクスシステムにおける群れ行動の生成と解析)			
論文審査担当者  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>主 査</span> <span>教 授</span> <span>大 倉 和博</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>審査委員</span> <span>教 授</span> <span>山 田 啓司</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>審査委員</span> <span>准教授</span> <span>岩 本 剛</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>審査委員</span> <span>准教授</span> <span>松 村 嘉之 (信州大学大学院総合工学系研究科)</span> </div>			
[論文審査の要旨]  <p>本論文は、進化型スワームロボティクスシステムにおいて群れ行動を生成するための方法論とその解析法について新しい提案とその検証をしたものである。近年、急速に注目を浴びるようになってきたスワームロボティクスシステムは、社会性昆虫に着想を得て、システム自身の自己組織化機能により目的達成のために中央集権的機構を全く持たないまま適切な群れ行動を生成することを目的としたシステムである。この自己組織化機能実現のために、進化型人工神経回路網をロボットコントローラとして採用し、複雑かつ超冗長システムに適切な自己組織化現象を創発させることに成功した。さらに、複雑な知的群れ行動を観察するための方法論構築のために、複雑ネットワーク理論を適用して解析する方法論を提唱し、その有効性を検証している。</p> <p>本論文は、以下のように構成されている。</p> <p>第 1 章では、自然界におけるスワームの特徴とそれを取り込んだスワームロボティクスシステムに関する潜在的応用範囲の広さについて述べ、生物模倣に基づくロボットコントローラの実現可能性を示唆している。</p> <p>第 2 章では、スワームロボティクスシステムに関する学術界の動向について解説したのち、本論文の取るスワームロボティクス分野へのスタンスを明確に記述している。</p>			

第3章では、進化型人工神経回路網をロボットコントローラとする自律ロボットの行動生成方式、すなわち、進化ロボティクスについて解説し、その潜在能力の高さについて解説している。また、進化ロボティクス分野にはブートストラップ問題が大なり小なり必ずついてくることを解説している。

第4章では、スワームロボティクスシステムの群れ行動解析に必要な複雑ネットワークに関する知識がまとめられている。

第5章では、進化ロボティクスアプローチを採用した CMA-NeuroES を採用したスワームロボティクスシステムの群れ行動生成問題を取り扱っている。代表的なベンチマークとして、協調荷押し問題と協調採餌問題を取りあげ、スワームロボティクスシステムの三大特徴、すなわち、(1) 頑健性、(2) 柔軟性、(3) 拡張性、のそれぞれを検証している。具体的には、協調荷押し問題では、スワーム中の自律ロボット台数を減少させても効率は相応に落ちるものの引き続きタスク達成が可能なことを実証した。また、100 台のロボットからなるスワームによる協調採餌問題では、餌の配置を変更してもその変化に対応できる柔軟性を検証するとともに、確率的に最大 50 % の台数のロボットを故障させても、適応的に協調群れ行動を生成し続け、大きな餌を巢まで運ぶ能力を持ち続ける頑健性を検証している。また、進化ロボティクス問題で必ず起きるブートストラップ問題に対して漸進進化を用いて解決する方法を示し、その有効性を実証している。

第6章では、スワームロボティクスシステムの群れ行動の解析方法を複雑ネットワークの知見をもとに提案している。ロボットをノード、また、センサー範囲にある第一近傍および第二近傍ロボットを結んでできる複雑ネットワークをクラスタリングすることにより、機能単位となるサブグループを発見し、その意味づけを動物行動学の視点から行うことを提案している。また、具体例として協調採餌問題を取り上げ、その複雑な群れ行動の解析を行っている。

第7章では、本論文において得られた研究成果をまとめている。

このように、本論文では、進化型スワームロボティクスシステムの群れ行動生成方式とその解析法を提案し、その有効性を検証したものである。このことより、スワームロボティクス分野における重要な課題に関して新たな知見を得たものと認められる。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。